

BRUG AF GIS TIL TRAFIKPLANLÆGNING OG BESLUTNINGSSTØTTE

Otto Anker Nielsen

Instituttet for Veje, Trafik & Byplan (IVTB)

Danmarks Tekniske Universitet (DTU)

Bygning 115, 2800 Lyngby

Telefon 45 93 12 22, lokal 15 14. Fax 45 93 64 12

RESUME: Dette paper beskriver perspektiver for brug af Geografisk Informations Systemer til vurdering af trafikplanforslag. Sådanne systemer (kaldet GIS-T) vil typisk bestå af 5 modeller for *indsamling af data, formulering af alternative løsningsforslag, modellering af fremtidige trafikstrømme, konsekvensberegninger og valg af løsning baseret på et beslutningsstøttesystem*. Endvidere vil de indeholde procedurer for evaluering og kvalitetskontrol af data og resultater. Et integreret GIS-T som beskrevet i paperet vil ikke alene lette det konkrete arbejde, men også samle og styrke hele trafikplanlægningsprocessen. Paperet omhandler overvejende konceptuelle problemstillinger ved brug af GIS-T til modelberegninger. De teoretiske diskussioner er dog suppleret med praktiske eksempler på trafikmodeller, modeller for konsekvensberegninger og modeller for data-behandling og kvalitetskontrol, der har været implementeret i GIS og testet på flere helskala modeller. Den sidste del af paperet skitserer de lovende perspektiver for fremtidig brug af GIS-T.

1 INTRODUKTION

Planlægningsprocessen ved vurdering af trafikplanforslag består generelt af fem dele eller trin: *Indsamling af data, formulering af alternative løsningsforslag, modellering af fremtidig trafikstrømme, konsekvensberegninger* og endelig *valg af løsning baseret på et beslutningsstøttesystem*. Trafikplanlæggere med forskellig baggrund arbejder ofte på hvert eller dele af hvert trin, hvortil de benytter forskellige softwarepakker. Som et resultat heraf, benyttes der i den samlede planproces ofte flere forskellige softwarepakker, hvilket (udover det store arbejde forbundet herved) kan medføre fejlfortolkninger og mangelfulde analyser af usikkerhedskomponenter i det samlede modelkompleks. Det vil derfor være at foretrække, hvis samtlige planlægningsmodeller kunne koordineres af ét enkelt system.

Dette paper, der bygger på (Nielsen, Juli 1994), præsenterer igangværende bestræbelser på IVTB for at udvikle et sådant system, primært til vurdering af regionale planforslag. Paperet beskriver GIS' faciliteter til indsamling, håndtering, beregning og præsentation af data samt muligheder for at udvikle effektive GIS-procedurer til at kontrollere kvaliteten af data og resultater af modelberegninger.

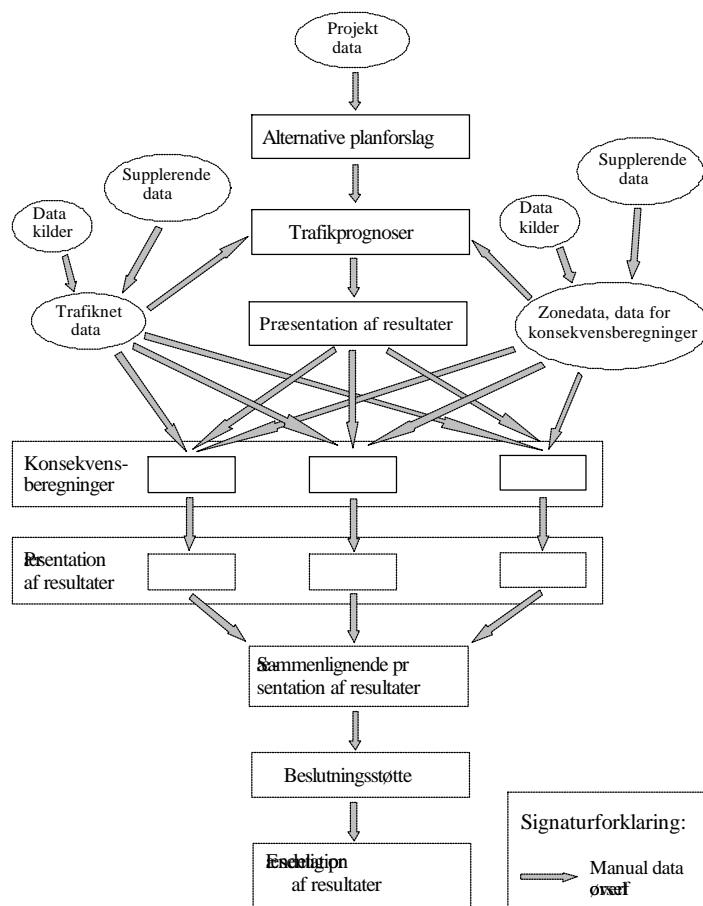
2 BRUG AF GIS TIL TRAFIKPLANLÆGNING

Figur viser den traditionelle fremgangsmåde ved datahåndtering i trafikplanlægning. Først indtastes projektdata, netværksdata og zonedata i trafikmodellen. Dernæst overføres resultaterne fra trafikmodellen (typisk trafikstrømme), trafiknetdata og de mere detaljerede zonedata til forskellige modeller for konsekvensberegninger, hvorefter resultater herfra indtastes i et Beslutnings Støtte System (BSS). Denne omfangsrige proces af datahåndtering gentages hver gang nogle af de grundlæggende parametre ændres, samt når konsekvenserne af alternative planforslag undersøges.

I GIS-T kan de fleste dataoverførsler automatiseres, som vist i figur . Beregningerne kan derfor nemt gentages, hvis nogle af de grundlæggende forudsætninger ændres. Med hensyn til selve

beregningerne kan GIS benyttes til at kombinere data fra forskellige aggregeringsniveauer og til at kombinere forskellige typer data, hvilket giver mulighed for mere omfattende beregninger. Her tænkes eksempelvis på en større integration af netrelaterede data (i forbindelse med trafikplanforslag) og arealbaserede data (i forbindelse med eksempelvis regionalplanforslag).

Indtil nu er der ikke blevet implementeret et fuldt udviklet GIS-T til støtte for vurderinger af regionale og statslige trafikplanforslag. Derfor har IVTB startet et forskningsprojekt for at udvikle integrerede algoritmer for trafikmodellering, konsekvensberegninger og beslutningsstøtte indenfor GIS. Resten af dette kapitel beskriver perspektiver for et sådant GIS-T ved at gennemgå de forskellige faser i en typisk trafikplanlægningsproces. Dog gennemgås kun den tekniske side af processen, dvs. de beregningsmodeller trafikplanlæggeren benytter til beslutningsstøtte. Derudover omfatter planprocessen en række organisatoriske og politiske problemstillinger samt forhold vedrørende offentlighedens deltagelse i beslutningsprocessen.



Figur 1 Datainput og brugen af data i forbindelse med den traditionelle fremgangsmåde for trafikmodeller.

2.1 Datastrukturer og datakilder

Flere studier har fokuseret på brugen af GIS-T til datahåndtering og indsamling af data i forbindelse med trafikplanlægningen, bl.a. (Anderson, 1991, Cover et al, 1994, Lewis, 1990, Meyer & Sarasua, 1992, Prastacos, 1991, Schweiger, 1992 og Vonderohe et al, 1994). I dag kan GIS-T (eller burde rent teknisk være i stand til) næsten automatisere dataindsamling ved brug af eksterne databaser, der blandt andet omfatter databaser for arealanvendelse, folkeregistret og BBR-registret (Bygning og Bolig Registret).

Indenfor trafikplanlægningen benyttes data ofte på forskellige *aggregeringsniveauer* til forskellige analyseformål:

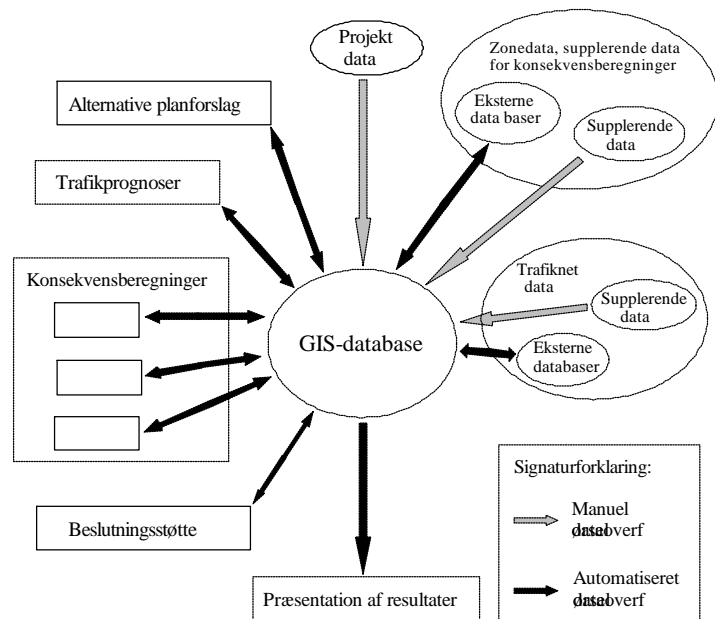
1. *Det mest detaljerede niveau* omfatter hvert enkelt hus, lejlighedskompleks, skole, etc, eller flere elementer for hver enkelt vejstrækning. Dette niveau kan være relevant ved nogle undersøgelser, eksempelvis den meget detaljerede diskussion af støjniveauer fra den nye Amagermotorvej i forbindelse med Øresundsforbindelsen.
2. Det næste niveau indeholder delvist aggregerede data, som *boligkarréer* i en by eller

hele *vejstrækninger*. Dette niveau kaldes i den engelske litteratur ofte for *blok-niveauet* (block-level).

3. *Zoneniveauet* indeholder større områder, som hele bydele eller kvarterer. Dette niveau benyttes ofte i trafikmodeller for at reducere antallet af zoner og dermed reducere omfanget af beregningerne.
4. Det mest aggregerede niveau er *områdeniveauet* eller *skitseniveauet*, der typisk beskriver hele analyseområdet eller deler det i meget få delområder. Klimatiske data beskrives eksempelvis som regel på dette niveau - hvis de ikke er inkluderet implicit i beregningerne.

Tabel viser sammenhængen mellem data, datakilder, brugen af data og resultater fra beregningsmodeller. For hvert enkel analyseformål er det typiske detaljeringsniveau angivet.

En af de største hindringer for brugen af GIS til trafikplanlægning, er det store antal af *datakilder* og de mange forskellige dataformater, der i dag benyttes. Offentlige myndigheder og private firmaer har ofte implementeret GIS uden at koordinere standarder, nummereringssystemer eller sågar strukturen og klassifikationen af de GIS-relaterede data. Eksempelvis er trafikmodellers trafiknet ofte ikke koordineret med øvrige databaser for netdata.



Figur 2 Data input og brugen af data ved brug af GIS-T til trafikplanlægning

I forbindelse med selve de *digitale kort* (eller *grundkortene*) er der dog udført et omfattende arbejde for at oprette danske standarder, bl.a. DSFL-standard (DSFL, 1991). Da DSFL-standard ikke er formuleret til at kunne udveksle data mellem mere omfattende GIS, er der udviklet nye standarder og landsdækkende digitale kort, der hver dækker flere detaljeringsniveauer (KMS April 1993, November 1993 & April 1994 og DSFL et al, 1993). Derudover har KRAKS forlag produceret en række bykort af egen standard (nu under implementering i GIS-et Arc/Info). Disse kort, dækker det andet aggregeringsniveau, blok-niveauet, men beskriver vigtige bygninger (som f.eks. skoler, hospitaler og historiske seværdigheder) på det mest detaljerede niveau. Denne skelnen mellem aggregeringsniveauer for forskellige objekter synes nyttig i forbindelse med mere detaljerede konsekvensberegninger i trafikplanlægningen.

De primære datakilder for *socioøkonomiske data* er offentlige myndigheder. En del af de offentlige databaser er koordineret af Boligministeriet i det såkaldte Krydsreferenceregister (KRR), der indeholder oversættelsesnøgler mellem formater og nummereringssystemer i forskellige databaser (Boligministeriet et al, 1991, 1 & 2, og Trollegaard, 1992). Forskellige statistiske kontorer samler ofte socioøkonomiske data og kan skaffe dem i GIS-kompatible formater. Et eksempel er opdateringen af Hovedstadstrafikmodellen (UHT & Anders Nyvig as, 1991)¹, hvor Hovedstadens Statistiske Kontor, HSK, anvendte IVTB's zonepolygoner til at aggregere de socioøkonomiske

data i deres GIS (HSK, 1990). Allin (1994) giver en god oversigt over forskellige danske databaser og udbydere af GIS-relaterede data og digitale kort.

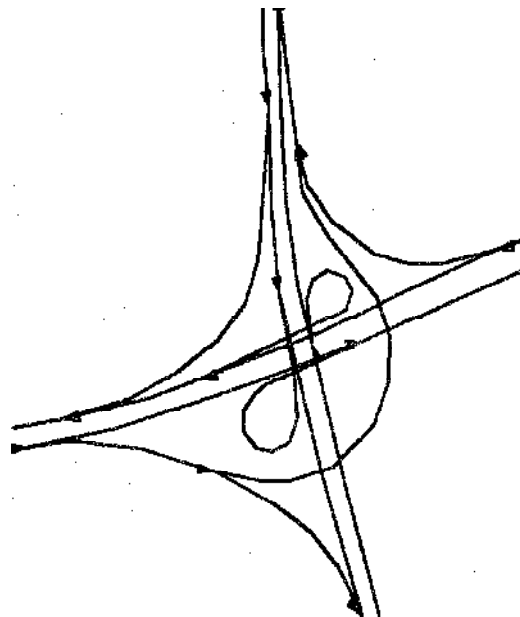
Vejdirektoratet er ved at udvikle et specielt GIS for *vejdata* (Vejdirektoratet, 1993 og Friborg, 1994), der koordinerer informationer på forskellige niveauer og fra forskellige kilder (vejmyndigheder, politiets uheldsrapporter, etc.). Vejdirektoratet har endvidere udviklet et GIS til rutevalgsformål (Larsen, 1994). Kollektive trafikelskaber kan ofte skaffe *trafiknetdata* på GIS-form, mens

Datainput				Modelledede resultater		
Topografiske data				Klimatiske data		
Data kilder	Topografiske data	Topografiske data	Netværksdata	Socioøkonomiske data		
	Kortlægningsfirmaer, offentlige myndigheder, ledningssejere, data fra gamle projekter	Kortlægningsfirmaer, offentlige myndigheder, ledningssejere, etc.	Vejmyndigheder, bane- og bus selskaber, etc., topografiske data	Offentlige myndigheder, statistiske kommuner		
Data ved formling af alternative løsningsforslag	Grundkort	Grundkort	Grundkort	Grundkort	Skitsedata	Nye eller modificerede data
	Detailerede data (ved estimation af rejsetider og -længder)	Zonedata	Strækingsdata	Zonedata	Skitsedata	Netværksdata (Trafiknet, buslinjer, service niveauer, etc.), nogle socioøkonomiske data
Data til konsekvensberegninger:	Detailerede data	Detailerede data	Strækingsdata	Detailerede eller blokdata	Skitsedata	Antal personer udsat for forskellige miljøpåvirkninger
	Detailerede eller blokdata	Detailerede eller blokdata	Strækingsdata	Detailerede eller blokdata	Skitsedata	Antal personer udsat for forskellige forureningsniveauer
	Blokdata	Blokdata	Strækingsdata	Blok eller zonedata	Ingen	Antal personer berørt af bumerseffekten, ændrede rejsetider til rekreative områder, etc.
	Kun i bygeområder	Ingen	Strækingsdata	Ingen	Skitsedata	Energiforbrug
	Detailerede data	Detailerede data	Ingen	Ingen	Ingen	Computergenererede billeder
	Ingen	Ingen	Strækingsdata	Skitsedata	Skitsedata	Tidsefforter for de forskellige formål
	Kun i bygeområder	Ingen	Strækingsdata	Skitsedata	Skitsedata	Forbrug af brændstof, slid på køretøjer, parkeringsafgifter, etc.
	Detailerede eller blokdata	Detailerede eller blokdata	Strækingsdata	Detailerede, blok eller zonedata	Skitsedata	Alvorlige- og dødsulykker, materielle skader
	Detailerede data	Ingen eller zonedata	Strækingsdata	Zone eller skitsedata	Skitsedata	Drucke udgifter
	Blokdata	Blokdata	Blokdata	Blok eller zonedata	Skitsedata	Mål for befolkningens velfærd
Data til konsekvensberegninger:	Blokdata	Zonedata	Zone data	Zonedata	Skitsedata	Økonomisk vækst, firmaernes konkurrencedygtighed
	Detailerede data	Detailerede eller blokdata	Strækingsdata	Detailerede eller blokdata	Skitsedata	Drucke udgifter

Tabel 1 Typiske detaljeringsniveauer ved brug af GIS som et modelleringsredskab ved regional-, by eller lokal trafikplanlægning.

private transportfirmaer og rådgivende ingeniørfirmaer nogle gange er i besiddelse af mere præcise data for specifikke områder.

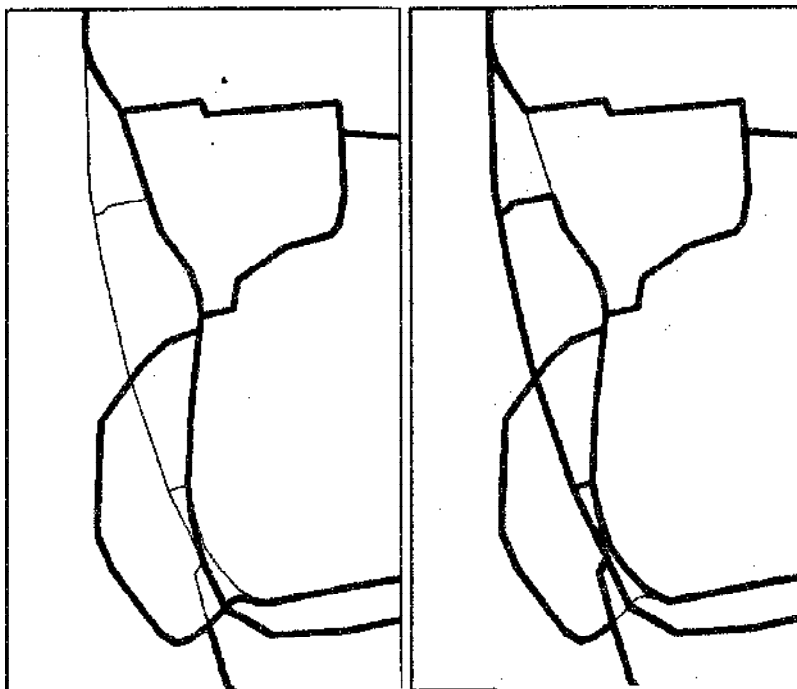
Der er dog stadig problemer forbundet med brugen af eksisterende vejdata-baser som grundlag for trafikmodeller. Eksempelvis er det ofte nødvendigt at repræsentere motorveje som to ensrettede veje (som vist i figur) for at kunne beskrive specielle karakteristika ved rampeanlæg og hastighedernes trafikafhængighed, herunder kø-dannelser. Dette krav vil ofte være i konflikt med formatet af eksisterende GIS for arealanvendelse, kortlægning, pavement management, etc., fordi motorvejene her alene er repræsenteret af centerlinien af de primære linieføringer.



Figur 3 Motorveje repræsenteret som ensrettede veje i hovedstadstrafikmodellen (Nielsen, September 1993)

2.2 Opstilling af alternative planforslag

Alternative planforslag kan nemt indkodes i GIS, for eksempel ved at tegne på grundkortet, ved at benytte et skannet foto eller rasterbaserede kort som underlag eller ved at benytte et digitaliseringsbord. Forskellige topografiske koder kan definere flere projekter i samme database. På den måde kan alle relevante veje, busruter, baner, m.v. for et konkret planforslag vælges med en enkelt kommando. En sådan håndtering af data letter analyser af flere alternative løsninger til et givet projekt. Figur viser et eksempel på analysen af en mindre omfartsvej ved „Store Rørbæk“ i Hovedstads- trafikmodellen, hvor vejnettene fra før/efter-situationen kunne udvælges ved aktivering af en enkelt kommando.

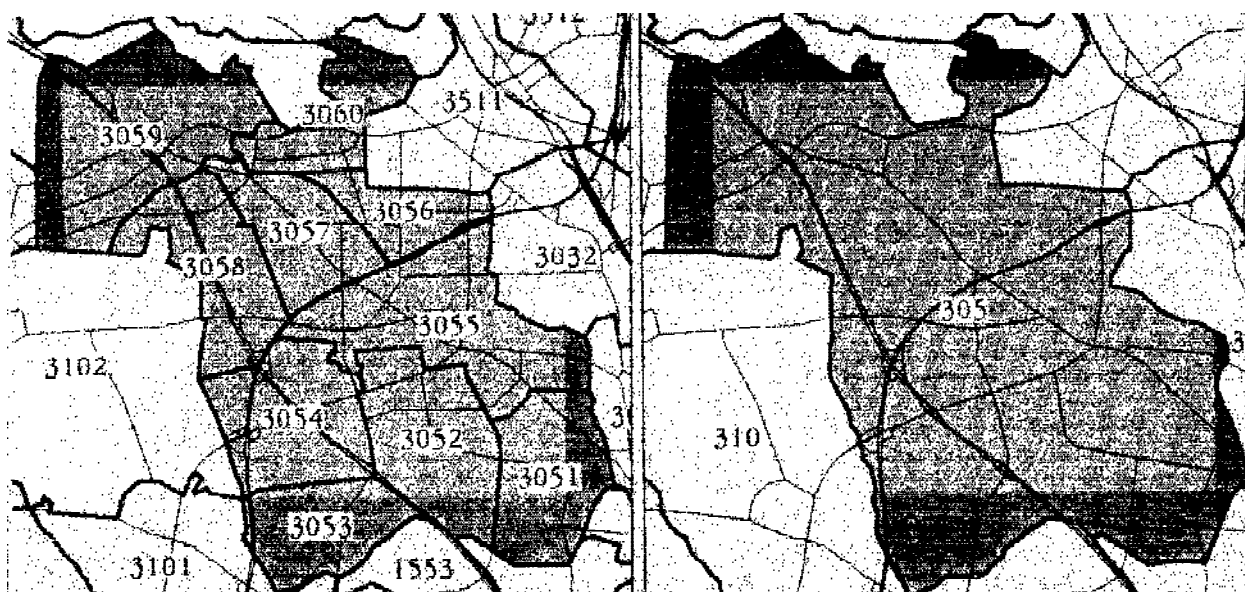


Figur 4 Håndtering af to netværk i IVTB's hovedstadstrafikmodel, eksisterende netværk til venstre en mindre omfartsvej til højre.

Planforslag bliver som regel indledningsvis modelleret på et skitse-mæssigt niveau. Senere i planlægningsprocessen vil det måske være nødvendigt at udføre mere detaljerede beregninger for de dele af projektet, der er specielt følsomme med hensyn til effekter for bl.a. miljø, trafik-sikkerhed og trafiknet-tets kapacitet. En sådan arbejdsproces, der omfatter forskellige aggregeringsniveauer, kan lettes ved brug af GIS. Figur viser som et eksempel forskellige aggregeringsniveauer i IVTB's Hovedstadstrafikmodel.

I de følgende afsnit beskrives fordelene ved brug af GIS til modellering af trafikstrømme og konsekvenser heraf for hvert enkelt alternativ eller projekt. Derefter beskrives, hvordan GIS-base-

rede beslutningsstøttesystemer kan benyttes til en sammenhængende analyse af alle alternativerne.



Figur 5 Forskellige aggregeringsniveauer for Gladsaxe Kommune i IVTB's Hovedstadstrafikmodel (til venstre den detaljerede model og til højre den aggregerede model).

2.3 Trafikmodeller

Der er adskillige fordele ved at implementere trafikmodeller i GIS, blandt andet fordi håndteringen af data kan lettes og præsentationen og kvalitetskontrollen af modelresultater kan udføres nemmere. Af denne grund er trafikmodellering måske det område indenfor trafikplanlægning der har gjort mest brug af GIS (se f.eks. Gallimore et al, 1991, Hartgen et al, 1992 og Simkowitz, 1990 samt andre af paperets referencer). Et enkelt GIS, TransCAD (Caliper Corporation, 1990), er blevet designet primært til trafikmodelberegninger, mens andre systemer er blevet implementeret til at udveksle data mellem eksisterende trafikmodelprogrammer og GIS (e.g Ding et al, 1994 og Antonisse, 1994).

TransCAD er blevet anvendt en del til trafikmodelarbejde ved IVTB (se figur som et eksempel herpå). I forbindelse med dette arbejde er der udviklet og implementeret flere nye rutevalgsmødder og modeller til estimation af turmatricer ud fra trafiktællinger (Nielsen,



Figur 6 Trafiknettet i ITVB's version af Hovedstadstrafikmodellen.

september 1993 og juni 1994). Teorierne og modellerne er blevet anvendt i mindre trafikmodeller, f.eks. for Næstved (135 strækninger, 33 zoner, Christensen, 1993 og Nielsen, januar 1993) og op til den regionale Hovedstadstrafikmodel (2772 strækninger, 269 zoner, Matthäi og Stanton, 1993).

Indtil videre har mange GIS-T kun bygget på traditionelle trafikmodeltyper. Disse kan imidlertid forbedres ved at benytte GIS' faciliteter til at søge og sammenligne data. Som et eksempel brugte (O'Neill, 1991) GIS til at bestemme optimale zonestørrelser. Hendes metode kan anvendes til at danne zoner omkring stationer (såkaldte stationsoplande). Stationsoplandene benyttes til at beskrive, at personer, der bor i gå-afstand fra en station, er mere tilbøjelige til at benytte de offentlige transportmidler, end personer, der først skal med bus for at komme til en station - også selvom den samlede rejsetid er den samme (UHT & Anders Nyvig as, 1991).

2.4 Konsekvensberegninger

Efter trafikmodellen har modelleret ændringen af trafikstrømmene som følge af et givet planforslag, ønskes konsekvenserne heraf ofte undersøgt. Tabel viste forskellige konsekvenser, der hyppigt modelleres. Flere af disse konsekvenser er indlagt i Vejdirektoratets prioriteringsmodel (Vejdirektoratet, 1984 og Leleur, 1985), mens andre forhold som f.eks. arealanvendelse, udviklings-effekt og mobilitet ikke er omfattet af denne model.

Mange GIS-T systemer er blevet implementeret til at beskrive specifikke konsekvenser, f.eks. trafikstøj (Gharabegian, 1990 og Kronbak, 1993), forurening (Andersen, 1993 og Souleyrette et al, 1991) og trafiksikkerhed (Bidstrup Rasmussen, 1990, Goodwin & Orsulak, 1993, Pisano, 1993, Sathisan et al, 1993 og Vejdirektoratet et al, 1993). De visuelle konsekvenser er blevet behandlet i flere danske studier, bl.a. i forbindelse med Øresundsforbindelsen og ved byfornyelsesprojekter (Buch, 1994). Visuelle konsekvenser bliver dog ofte først undersøgt, når projekterne *er* planlagt og projekteret forholdsvist detaljeret, og ikke under skitseprojekteringen, hvor de øvrige konsekvenser normalt analyseres.

Specifikke modeller for konsekvensberegninger kan (som i de ovenfor nævnte kilder) forbedres ved at benytte GIS' faciliteter til at aggregere data og kombinere forskellige datatyper som f.eks. knude-, stræknings- og zonedata. Et eksempel herpå er optællingen af antal personer, der bor i forskellige støjzoner. Én af de største fordele og muligheder ved at benytte GIS i trafikplanlægning er imidlertid muligheden for at *integrere konsekvensberegningerne i ét system* - en mulighed, der sjældent benyttes. Et sådan integreret GIS-T vil ikke alene lette det konkrete arbejde, men også samle og styrke hele trafikplanlægningsprocessen, fordi konsekvensberegninger kan vurderes i en tværfaglig sammenhæng. Som et eksempel kan trafikmodelberegninger lettere koordineres med modeller for arealanvendelse og modeller for fremskrivning af socioøkonomiske data, f.eks. (HSK, 1993, Maj og December). Endvidere vil det blive lettere at analysere kvaliteter og usikkerheder af specifikke modeller såvel som for de samlede resultater. Herved kan der tages hensyn til, at de forskellige beregningstyper har forskellige usikkerheder. Dertil kommer at det vil være nemmere at fremhæve og undersøge kritiske dele af et givet planforslag ved brug af GIS' faciliteter til at kombinere data på forskellige aggregationsniveauer og fra forskellige datakilder.

Den danske TTM-model (Johannesen & Bloch, 1994) er et sjældent eksempel på et sammenhængende modelsystem af GIS-typen. TTM-modeller integrerer trafikmodelberegninger (den traditionelle 4-trins model) og konsekvensberegninger (rejseomkostninger og -tid, uheldsanalyser, støjberegninger, barriereeffekter, energiforbrug og modellering af flere typer forurening). Disse konsekvenser kan evalueres i sammenhæng med arealanvendelse (f.eks. antallet af personer, der bor indenfor forskellige støjzoner). TTM-modellen er beregnet til planlægning i mindre og mellemstore byer, mens GIS-T projektet ved IVTB (Nielsen, maj 1994) sigter mod at udvikle metoder

til udnyttelse af GIS-T også inden for regional- og landsplanlægningen.

2.5 Valg af løsning baseret på Beslutnings Støtte Systemer

Et Beslutnings Støtte System (BSS) bør samle alle modelresultater for at præsentere konsekvenser af forskellige planforslag på en overskuelig måde. Ved at opstille alternative projektforslag som beskrevet i afsnit 2.2, kan dette gøres på en sammenhængende og konsistent måde. Udtrykket „Beslutnings Støtte“ understreger, at den traditionelle Cost-Benefit Analyse efterhånden betragtes som en for snæver og usikker metode i forbindelse med mange beslutningsprocesser. Tabel illustrerer udviklingen af evalueringsmetoder siden 1960'erne, da Cost-Benefit analysen dominerede. Et GIS-T baseret beslutningsstøttesystem bør, svarende til denne udvikling, bestå af følgende moduler:

1. Grundlæggende økonomiske rutiner, som beregning af Benefit/Cost forholdet, nutidsværdien (Net Present Value, NPV), den interne rente (Internal Rate of Return, IRR) og førsteårsforrentningen (First Year Benefit, FYB).
2. Procedurer for traditionelle Cost-Benefit Analyser (CBA) og Cost-Efficiency Analyser (CEA).
3. Multi Kriterie Analyser (Multi Criteria Analysis, MCA) og Præference Analyser (PA) til evaluering og rangordning af projektpuljer (se Leleur, 1992).
4. Multi Kriterie Analyser og Præference Analyser til evaluering af alternative løsnings-

Periode	Metode	Rangordning af projekter	Præsentation af resultater
1960'erne	Cost-benefit analyser (CBA)	Én rangordning af projekterne, én prioriteringsstrategi	Én projektrente
1970'erne	Cost-efficiency analyser (CEA)	Én rangordning af projekterne, én prioriteringsstrategi	Ét mål for nytten af hvert projekt, kvantificering af ikke-økonomiske effekter som miljøkonsekvenser
1980'erne	Multi-Kriterie analyser (MCA)	Flere rangordninger af projekterne baseret på alternative prioriteringsstrategier	Alternative prioriteringsstrategier baseret på forskellige nyttemål
1990'erne	Interaktive Beslutnings Støtte Systemer (BSS)	Interaktiv rangordning af projekterne baseret på alternative prioriteringsstrategier	Alternative prioriteringsstrategier baseret på forskellige nyttemål, interaktiv justering af strategierne
Forfatterens skøn af den fremtidige udvikling	GIS-baserede Beslutnings Støtte Systemer	Interaktiv rangordning af projekterne baseret på alternative prioriteringsstrategier, visuel præsentation som et supplement til den kvantitative rangordning af projekterne	Alternative prioriteringsstrategier baseret på forskellige nyttemål, interaktiv justering af strategierne. Visuelt overblik over konsekvenser. Fremhævelse af kritiske dele af projekterne

Tabel 2 Udviklingen af metoder til at evaluering af trafikplanforslag.

forslag i forbindelse med større planprojekter².

5. Visuelle GIS-rutiner og interaktive beslutningsstøttesystemer (BSS), på engelsk Decision Support System, DSS.

Et visuelt BSS visualiserer interaktivt konsekvenser af forskellige planforslag og fremhæver de kritiske dele heraf. Et sådan system kan implementeres ved at udnytte faciliteter, der allerede eksisterer i mange GIS-software pakker. Det vil dog kræve en vis forskningsindsats at udvikle operationelle metoder af denne type. Den engelske betegnelse, *Spatial Decision Support Systems*

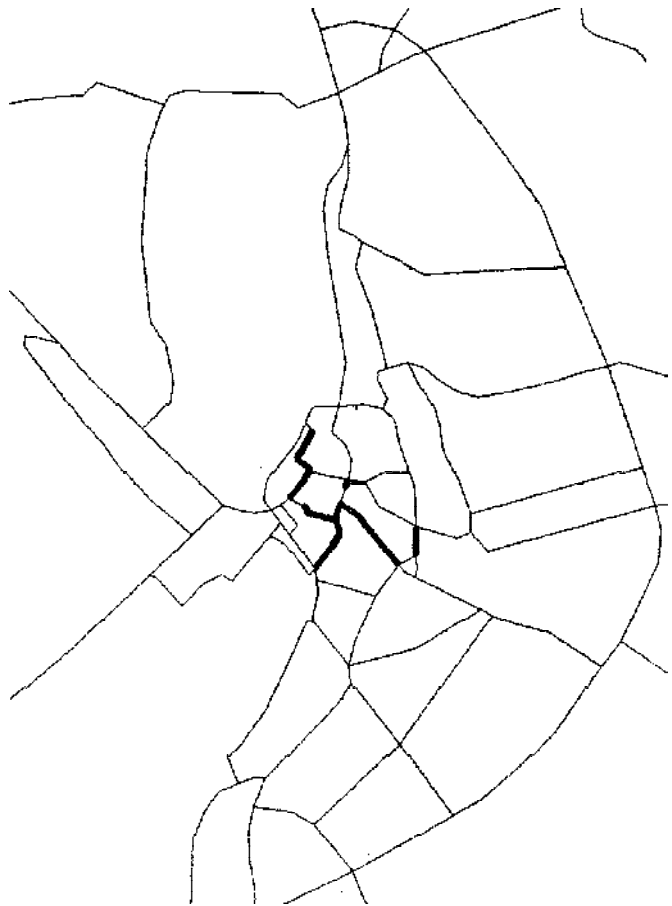
(SDSS), dækker til en hvis grad de visuelle GIS-rutiner (Cassettari, 1993).

2.6 Kvalitetskontrol

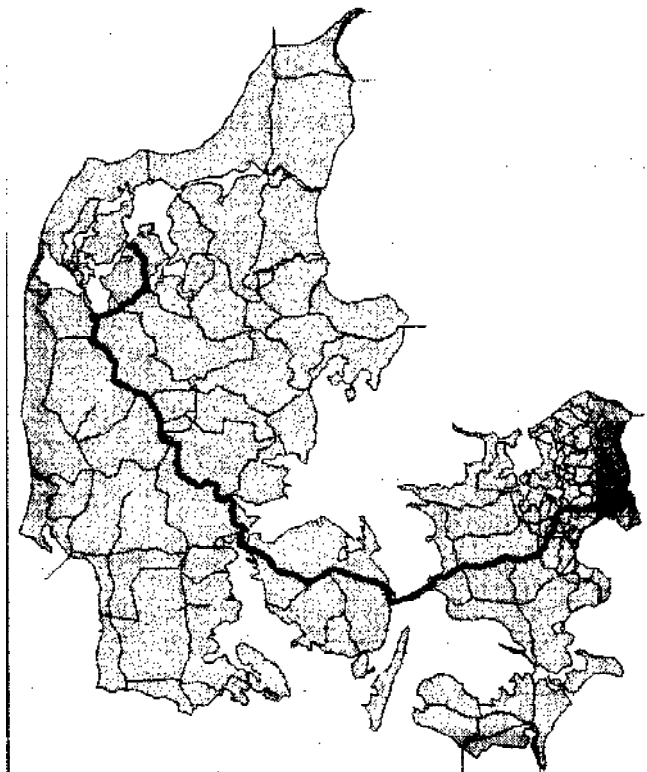
En af de største fordele ved GIS er dets faciliteter til at søge og udvælge data. Disse faciliteter kan - hvis de bliver brugt systematisk - forbedre evalueringen og kvalitetskontrollen af data og resultater af modelberegninger. IVTB har anvendt flere metoder i GIS til evaluering og kvalitetskontrol af modeller. Indledningsvis blev de gennemsnitlige afvigelser mellem modellerede og talte trafikmængder vist på temakort, og vejstrækninger med specielt store afvigelser fremhævet, som vist i figur 7. For at kunne evaluere rutevalgsmodeller blev ruter mellem de forskellige zoner i modellerne fremhævet og sammenlignet med empiriske undersøgelser og kvalitativ viden om trafik i Danmark (se figur 8 og 9). Endelig blev modellerne anvendt til prognoser for planforslag, hvis konsekvenser allerede var kendt.

En GIS-baseret kvalitetskontrol af resultater fra alle fem trin i trafikplanlægningsprocessen kan indeholde følgende dele:

- Beregning af samlede mål for afvigelser samt andre statistiske analyser.
- Illustrering af resultater på temakort med numeriske værdier, linietykkelser, farver, etc.
- Fremhævnning af afvigelser mellem målte og modellerede værdier.
- Udnyttelse af søgerutiner til at vælge og fremhæve elementer med specielle egenskaber (som f.eks. store afvigelser mellem målte og modellerede værdier).
- Illustration af resultater fra før/efter studier med kendte konsekvenser.
- Gennemførsel af specielle analyser af eksempelvis prognoser, rutevalg og scenarier for ekstreme situationer. Disse analyser fastlægges specifikt for de enkelte modeller.
- Sammenligning af resultater med empirisk viden og studier i marken, inklu-



Figur 7 Vejstrækninger med afvigelser mellem den modellerede og talte trafik større end +/-25% (fra IVTB's Næstved Trafikmodel).

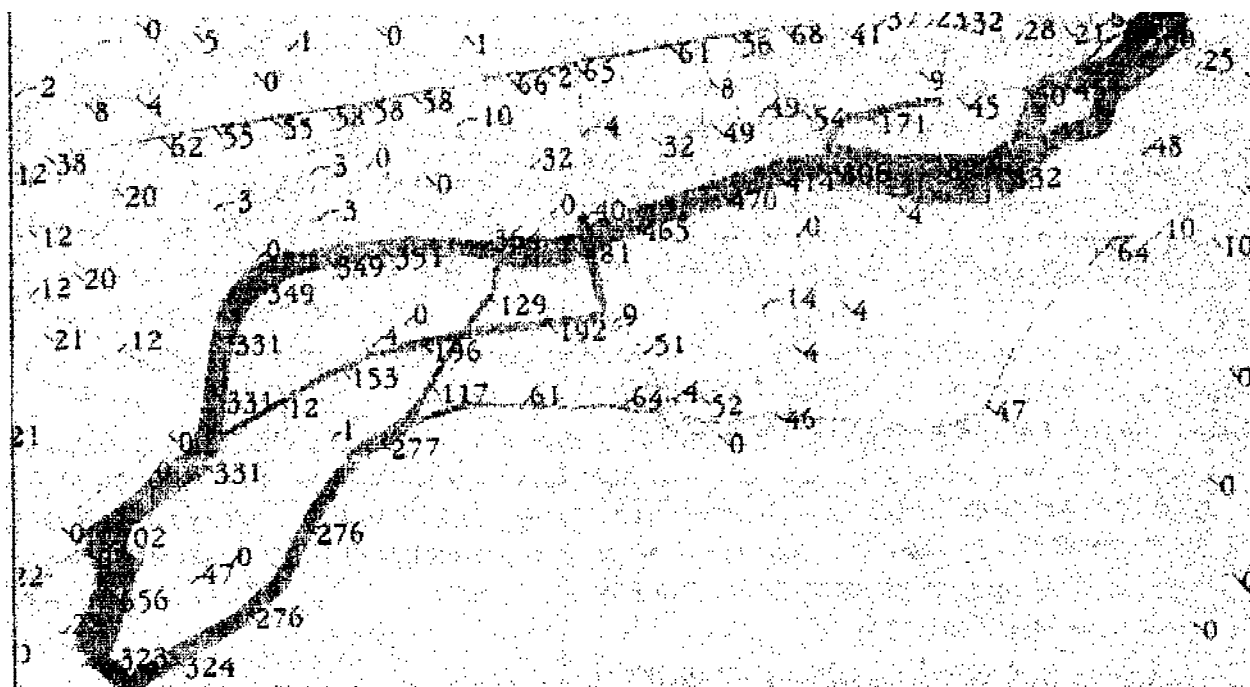


Figur 8 Rutevalg for godstransport (uddrag fra et igangværende studie ved IVTB om transport af farligt gods).

sive almindelig sund fornuft og professionel erfaring.

Som et eksempel på fordelene ved brugen af ovennævnte fremgangsmåde, blev IVTB's version af Hovedstadstrafikmodellen forbedret betydeligt, og en del fejl blev opdaget og korrigeret (Nielsen, September 1993). Desuden blev der klarlagt et behov for at tilføje nye vejstrækninger til modellen og opdele specifikke zoner. Lignende resultater blev opnået for IVTB's Næstvedtrafikmodel (Christensen, 1993).

Brugen af GIS-T til kvalitetskontrol er stadig i sin vorden og kan utvivlsomt udvikles langt yderligere. GIS-T vil i stigende omfang kunne hjælpe til at give sammenhængende evalueringer af kvalitet og usikkerhed af den enkelte modelberegning såvel som for den samlede planproces.



Figur 9 Trafikstrømme mellem Hundige og Københavns centrum ifølge en stokastisk kapacitetsafhængig rutevalgsmodel

3 KONKLUSIONER OG PERSPEKTIVER

I dette paper er brugen af GIS-T til vurdering af trafikplanforslag blevet skitseret og diskuteret. Der er blevet lagt speciel vægt på datahåndtering, helskala trafikmodeller, demonstrationsapplikationer til konsekvensberegninger og endelig procedurer og metoder til kvalitetskontrol. Konklusion herpå er, at GIS-T kan hjælpe til at:

- Lette indsamling og håndtering af data takket være den øgede koordinering og standardisering af offentlige og private registre.
- Koordinere forskelligartede beregningsmodeller på en sammenhængende måde.
- Lette nogle af beregningstyperne, f.eks. sammenligning af arealanvendelser og støjzoner.
- Give muligheder for en sammenhængende analyse af forskellige planforslag og projekalterнатiver indenfor et overskueligt budget.
- Give muligheder for en forbedring af modeller for f.eks. miljøeffekter.
- Sikre bedre kvalitetskontrol af modellerne og herved også være et værktøj til at udvikle nye

metoder.

-Sikre en sammenhængende analyse af kvaliteter og usikkerheder af både de specifikke modeller og det samlede modelresultat.

På baggrund af de lovende udsigter for GIS-T som beskrevet i dette paper, har udviklingen af GIS-T og forskning i brugen heraf høj prioritet ved IVTB. Den fremtidige forskning på instituttet i emnet er støttet af Transportrådet (se Nielsen, Maj 1994), og omfatter ud over undertegnede indsat blandt andet to Ph.D.-studier i GIS og hhv. konsekvensberegninger og beslutningsstøttesystemer (se også Nielsen, August 1994).

REFERENCER

- Allin, Steen. 1994. **Kort, CAD og GIS - status midt i 1994**. Byplan, 3/94, s.134-141.
- Andersen, Claus Lund. 1993. **Miljøberegninger i Næstved med TransCAD**. Eksamensprojekt, IVTB.
- Anderson, Larry D. 1991. **Applying Geographic Information Systems to Transportation Planning**. Transportation Research Record 1305: s.113-117.
- Antonisse, Robert W.E. 1994. **An integrated system for data exchange between ARC/INFO and the EMME/2 Transportation modelling product**. Proceedings of the Fourteenth Annual ESRI User Conference, Maj 1994. Abstract: s.1117.
- Bidstrup-Rasmussen, Bo. 1990. **Netværksanalyser på Digitale Kort**. Eksamensprojekt, IVTB.
- Boligministeriet et al. 1991,1. **Digitale kort og registres anvendelse i fysisk planlægning, Prototypeprojekt - GEO 2**.
- Boligministeriet et al. 1991,2. **Ortofotos og digitale matrikelkorts anvendelse ved kommunernes administration og planlægning af det åbne land**.
- Buch, Kim. April 1994. **3D-kort i byomdannelsen**. Tidsskrift for Dansk Kartografisk Selskab. nr. 16: s.5-10.
- Caliper Corporation. 1990. **TransCAD Transportation Workstation Software, Reference Manual, Version 2.0**.
- Cassettari, Seppe. 1993. **Introduction to integrated GEO-Information Management**. Chapman & Hall.
- Cover, Robert K., Fletcher, David R. & Henderson, Thomas E. Marts-April 1994. **Emerging Information Systems Technology for Transportation**. TR News 171: s.2-6.
- Christensen, Christina Mose. 1993. **Trafikplanlægning med TransCAD i Næstved**. Eksamensprojekt, IVTB.
- Ding, Chengri, Hanley, Paul & Kim, John T. 1994. **Arctran: ARC/INFO - Tranplan Interface for Transportation Planning**. Proceedings of the Fourteenth Annual ESRI User Conference, Maj 1994: s.1093-1103.
- DSFL (*Dansk Selskab for Fotogrammetri og Landmåling*). 1991. **Standard for udveksling af digital kortinformation DSFL-format**. Rapport nr. Revision 910201.
- DSFL et al. Marts 1993. **Specifikationer for tekniske kort - Et udvalg under kommunalteknisk chefforening**.
- Friborg, Per. April 1994. **VIS år 2005 - en naturlig del af hverdagen**, nr.1: s.10-11.
- Gallimore, W.Paul, Hartgen, David T. & Li, Yuanjun. 1991. **Applications of GIS-Transportation Analysis Packages in Super-Regional Transportation Modelling**, unCharlotte, N.C.
- Gharabegian, Areg. November 1990. **GIS/CAD Enhance Traffic Noise Study**, Public Works: s.61-62.

Goodwin, Cecil W.H. & Orsulak, Lane M. 1993. **The Highway Risk Information System.** GIS-T'93, Geographical Information Systems for Transportation Symposium, Albuquerque Convention Center, New Mexico: s.284-290.

Hartgen, David T., Li, Yuanjun & Alexiou, George. 1992. **Super-regional very long range Transportation Modelling with a GIS**, unclCharlotte, N.C.

Hovedstadens Statistik Kontor (HSK). 1990. **Arealundersøgelse i Hovedstadsregionen.**

Hovedstadens Statistik Kontor (HSK). Maj 1993. **Arbejdspladsprognose 1991-2010 for kommuner og amter i Hovedstadsregionen.**

Hovedstadens Statistik Kontor (HSK). December 1993. **Befolkningsprognose 1993-2008 for kommuner og amter i Hovedstadsregionen.**

Johannesen, Klaus & Bloch, Karsten. 1994. **Trafik- og Miljømodel i Svendborg.** Byplan, nr.2: s.85-91.

Kort- og Matrikelstyrelsen (KMS). April 1993. **FK-Standard.**

Kort- og Matrikelstyrelsen (KMS). November 1993. **TOP10DK - Danmarks Topografiske Grundkortdatabase.**

Kort- og Matrikelstyrelsen (KMS). April 1994. **TTO-Projektet - Konvertering af eksisterende digitale tekniske kort til TK-standarden, fremstilling af oversigtskort, samt grundlaget for TOP10DK.**

Kronbak, Jacob. 1993. **Støjberegninger i Næstved med TransCAD.** Kursusarbejde, IVTB.

Larsen, Hans Jørgen. April 1994. **62.000 km på diskette.** Vej- & Trafiknyt, nr.1: s.22-23.

Leleur, Steen. 1985. **Project Evaluation - Survey and trends of Project Evaluation Approaches in Transportation Planning.** Rapport no. 45, IVTB.

Leleur, Steen. 1992. **WARP - A PC-Based model for project ranking: Systematic assessment of Economic & non-economic impacts in transport investment planning.** Paper præsenteret ved "World Conference on Transport Research" i Lyon, Juli 1992: 12 s.

Lewis, Simon. Marts 1990. **Use of Geographical Information Systems in Transportation Modelling.** ITE Journal: s.34-38.

Matthäi, Line Lundum & Stanton, Bill. 1993. **Traffic Planning in Copenhagen using TransCAD.** Eksamensprojekt, IVTB.

Meyer, Michael D. & Sarasua, Wayne A. 1992. **A GIS-Based Transportation Program Management System for a County Transportation Agency.** Paper No. 920851 at Transportation Research Board 71st Annual Meeting. Preprint: 19 s.

Nielsen, Otto Anker. Januar 1993. **Three week period January 93 - Using the Geographical Information System TransCAD for a traffic model for the Næstved area.** Kursusmateriale, IVTB.

Nielsen, Otto Anker. September 1993. **A New Method for Estimating Trip Matrices from Traffic Counts.** Paper 1993-3 IVTB: 45 s.

Nielsen, Otto Anker. Maj 1994. **Scope and Intention of the research project: Use of GIS for Traffic Planning and Decision Support (GIS-T).** IVTB.

Nielsen, Otto Anker. Juni 1994. **A New Method for Estimating Trip Matrices from Traffic Counts.** Seventh International Conference on Travel Behaviour, Chile. Preprints: s.2-14.

Nielsen, Otto Anker. Juli 1994. **Using GIS in Denmark for traffic Planning and Decision Support.** Paper to be published in the special issue of Journal of Advanced Transportation: 'GIS applications on transportation engineering and planning'.

Nielsen, Otto Anker. August 1994. **Beskrivelse af forskningsprojektet: "Anvendelse af Geografiske Informations Systemet (GIS) i Trafikplanlægningen.** IVTB.

O'Neill, Wende. December 1991. **Developing Optimal transportation Analysis Zones Using GIS,** ITE Journal: s.33-36.

Pisano, Paul A. 1993. **GIS-T and safety Past, Present and Future.** GIS-T'93, Geographical Information Systems for Transportation Symposium, Albuquerque Convention Center, New Me-

xico: s.244-253.

Prastacos, Poulicos. 1991. **Integrating GIS technology in Urban Transportation Planning and Modelling**. Transportation Research Record 1305: s.123-130.

Schweiger, Carol L. 1992. **Current Use of Geographic Information Systems in Transit Planning**. Transportation Research Record 1349: s.93-106.

Sathisan, Shashi K., Yang, Xinnong & Lim, Soon-tin. 1993. **Development of A GIS-Based Integrated Hazardous Material Routing System**. GIS-T'93, Geographical Information Systems for Transportation Symposium, Albuquerque Convention Center, New Mexico: s.233-243.

Simkowitz, Howard J. 1990. **Integrating Geographical Information System Technology and Transportation Models**. Transportation Research Record 1271: s.44-47.

Souleyrette, Reginald R., Sathisan, Shashi K., James, Davis E. & Lim, Soon-tin. 1991. **GIS for Transportation and Air Quality Analysis**. Transportation Planning and Air Quality, Proceedings of the national conference, publiceret af "the American Society of Civil Engineers": s.182-194.

Trollegaard, Svend. 1992. **Et kompendiemateriale om forskeres og forskningsinstitutters muligheder for at anvende stedbestede registreringer og digitale kort**. Boligministeriet.

Udvalget om Hovedstadens Trafikinvesteringer

(UHT), Dokumentation fra Anders Nyvig A/S. 1991. **Beskrivelse af Trafikmodellen & Modelanvendelse og Resultater**.

Vejdirektoratet. 1984. **Resumé af Metodebeskrivelse**.

Vejdirektoratet, VDL, Per Friborg, Steen Gravesen, Arebe Kjærsg. 1993. **Vejsektorens InformationsSystem (VIS): Hovedrapport - etape 3**.

Vonderohe, Alan P., Travis, Larry, Smith, Robert & Tsai, Victor. Marts-April 1994. **Adapting Geographic Informations System for Transportation**. TR News 171: s.7-9.

¹ Modellens vedligeholdelse og videreudvikling varetages af en række offentlige myndigheder med interesse for Københavns trafik, bl.a. IVTB deltager i dette arbejde. Anders Nyvig as er konsulent for modellens brugergruppe.

² Steen Leleur, IVTB, arbejder på at forbedre metoder herfor yderligere.